

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

### COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 26 JUIL 2004

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

#### DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr





INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE  
26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

N° 11354\*03

**BR1**

### REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

#### page 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 0 W / 210502

<b>REMISSION DES PIÈCES</b> DATE <b>26 JUIL 2003</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0309212</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI <b>28 JUIL. 2003</b>		<small>Réervé à l'INPI</small>
<b>1</b> NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE  PONTET ALLANO & ASSOCIES SELARL PARC CLUB ORSAY UNIVERSITE 25 Rue Jean Rostand F-91893 ORSAY CEDEX FRANCE		
<b>2</b> Vos références pour ce dossier <i>( facultatif )</i> <b>BS03 CNR IND</b>		
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie		
<b>2</b> <b>NATURE DE LA DEMANDE</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>		
Demande de brevet <input checked="" type="checkbox"/> Demande de certificat d'utilité <input type="checkbox"/> Demande divisionnaire <input type="checkbox"/> <i>Demande de brevet initiale ou demande de certificat d'utilité initiale</i> <input type="checkbox"/> N° _____ Date _____ N° _____ Date _____		
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i> <input type="checkbox"/> N° _____ Date _____		
<b>3</b> <b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum) "Procédé et système de réalisation de composants inductifs supraconducteurs en couches minces, et dispositifs incluant de tels composants."		
<b>4</b> <b>DÉCLARATION DE PRIORITÉ</b> <b>OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE</b> <b>LA DATE DE DÉPÔT D'UNE</b> <b>DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>  Pays ou organisation Date _____ N° _____ Pays ou organisation Date _____ N° _____ Pays ou organisation Date _____ N° _____ <input type="checkbox"/> <b>S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé « Suite »</b>		
<b>5</b> <b>DEMANDEUR</b> (Cochez l'une des 2 cases) <input checked="" type="checkbox"/> <b>Personne morale</b> <input type="checkbox"/> <b>Personne physique</b>  Nom _____ ou dénomination sociale _____  Prénoms _____  Forme juridique _____  N° SIREN _____  Code APE-NAF _____  Domicile _____ Rue _____ 3 rue Michel Ange ou _____ Code postal et ville _____ 7517941 PARIS Cedex 16 siège _____ Pays _____ FRANCE  Nationalité _____ Française  N° de téléphone <i>( facultatif )</i> _____ N° de télécopie <i>( facultatif )</i> _____  Adresse électronique <i>( facultatif )</i> _____  <input type="checkbox"/> <b>S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé « Suite »</b>		

BREVET D'INVENTION  
 CERTIFICAT D'UTILITÉ

 REQUÊTE EN DÉLIVRANCE  
 page 2/2



REPRISE DES PIÈCES		Réervé à l'INPI
DATE		25 JUIL 2003
LIEU		75 INPI PARIS
N° D'ENREGISTREMENT		0309212
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		

DB 540 W / 210502

<b>6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)</b>																									
<table border="1"> <tr> <td>Nom</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Prénom</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cabinet ou Société</td> <td>PONTET ALLANO &amp; ASSOCIES SELARL</td> </tr> <tr> <td>N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Adresse</td> <td> <table border="1"> <tr> <td>Rue</td> <td>25 Rue Jean Rostand</td> </tr> <tr> <td></td> <td>PARC CLUB ORSAY UNIVERSITE</td> </tr> <tr> <td>Code postal et ville</td> <td>91181913 ORSAY CEDEX</td> </tr> <tr> <td>Pays</td> <td>FRANCE</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>N° de téléphone (facultatif)</td> <td>01 69 33 21 21</td> </tr> <tr> <td>N° de télécopie (facultatif)</td> <td>01 69 41 95 88</td> </tr> <tr> <td>Adresse électronique (facultatif)</td> <td></td> </tr> </table>		Nom		Prénom		Cabinet ou Société	PONTET ALLANO & ASSOCIES SELARL	N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		Adresse	<table border="1"> <tr> <td>Rue</td> <td>25 Rue Jean Rostand</td> </tr> <tr> <td></td> <td>PARC CLUB ORSAY UNIVERSITE</td> </tr> <tr> <td>Code postal et ville</td> <td>91181913 ORSAY CEDEX</td> </tr> <tr> <td>Pays</td> <td>FRANCE</td> </tr> </table>	Rue	25 Rue Jean Rostand		PARC CLUB ORSAY UNIVERSITE	Code postal et ville	91181913 ORSAY CEDEX	Pays	FRANCE	N° de téléphone (facultatif)	01 69 33 21 21	N° de télécopie (facultatif)	01 69 41 95 88	Adresse électronique (facultatif)	
Nom																									
Prénom																									
Cabinet ou Société	PONTET ALLANO & ASSOCIES SELARL																								
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel																									
Adresse	<table border="1"> <tr> <td>Rue</td> <td>25 Rue Jean Rostand</td> </tr> <tr> <td></td> <td>PARC CLUB ORSAY UNIVERSITE</td> </tr> <tr> <td>Code postal et ville</td> <td>91181913 ORSAY CEDEX</td> </tr> <tr> <td>Pays</td> <td>FRANCE</td> </tr> </table>	Rue	25 Rue Jean Rostand		PARC CLUB ORSAY UNIVERSITE	Code postal et ville	91181913 ORSAY CEDEX	Pays	FRANCE																
Rue	25 Rue Jean Rostand																								
	PARC CLUB ORSAY UNIVERSITE																								
Code postal et ville	91181913 ORSAY CEDEX																								
Pays	FRANCE																								
N° de téléphone (facultatif)	01 69 33 21 21																								
N° de télécopie (facultatif)	01 69 41 95 88																								
Adresse électronique (facultatif)																									
<b>7 INVENTEUR (S)</b>																									
<table border="1"> <tr> <td>Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes</td> <td> <input type="checkbox"/> Oui  <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)         </td> </tr> </table>		Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes	<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)																						
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes	<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)																								
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>																									
<table border="1"> <tr> <td>Établissement immédiat ou établissement différé</td> <td> <input checked="" type="checkbox"/>  <input type="checkbox"/> </td> </tr> <tr> <td>Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)</td> <td>           Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt  <input type="checkbox"/> Oui  <input type="checkbox"/> Non         </td> </tr> </table>		Établissement immédiat ou établissement différé	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)	Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non																				
Établissement immédiat ou établissement différé	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>																								
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)	Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non																								
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>																									
<table border="1"> <tr> <td>Uniquement pour les personnes physiques</td> </tr> <tr> <td> <input type="checkbox"/> Requise pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition.)  <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> </td> </tr> </table>		Uniquement pour les personnes physiques	<input type="checkbox"/> Requise pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition.) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>																						
Uniquement pour les personnes physiques																									
<input type="checkbox"/> Requise pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition.) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>																									
<b>10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS</b>																									
<table border="1"> <tr> <td>Le support électronique de données est joint</td> <td> <input type="checkbox"/>  <input type="checkbox"/> </td> </tr> <tr> <td>La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes</td> <td></td> </tr> </table>		Le support électronique de données est joint	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes																			
Le support électronique de données est joint	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>																								
La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe																									
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes																									
<b>11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)																									
Sylvain ALLANO CPI 96 03 03 																									
<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>																									
L. MARIELLO																									

« Procédé et système de réalisation de composants inductifs supraconducteurs en couches minces, et dispositifs incluant de tels composants »

5 La présente invention concerne un procédé pour réaliser des composants inductifs supraconducteurs en couches minces. Elle vise également un système de réalisation mettant en œuvre ce procédé, ainsi que des dispositifs incluant de tels composants.

10 Cette invention s'inscrit dans le domaine des composants électriques et électroniques supraconducteurs pour les secteurs des télécommunications et de l'énergie électrique.

La réalisation de composants inductifs supraconducteurs en couches minces est généralement effectuée par dépôt d'un 15 film supraconducteur, généralement par des méthodes de vide telles que la pulvérisation cathodique ou l'ablation laser pulsée, puis la définition par photo lithogravure de une ou plusieurs spires. Dans cette technique la dimension du dispositif croit avec la valeur de son inductance.

20 Un exemple pratique de réalisation consiste en une bobine comportant 5 spires dont le diamètre extérieur est de 15mm, avec des pistes de 0,4mm de largeur espacées de 0,3mm présentant une inductance de  $2,12\mu\text{H}$ , qui est décrite dans le mémoire de thèse soutenu par Jean-Christophe Ginefri le 16 25 décembre 1999 à l'Université de Paris XI et intitulé « Antenne de surface supraconductrice miniature pour l'imagerie RMN à 1,5 Tesla ».

La technique décrite ci-dessus présente deux inconvénients principaux :

30 - la surface occupée par chaque composant inductif est importante. Par exemple, le composant décrit au paragraphe précédent occupe une surface de plus de  $700\text{mm}^2$  :  
- si le composant est intégré dans un circuit, il est souvent nécessaire de raccorder l'extrémité de la spire intérieure à

une ligne supraconductrice. Ceci implique un processus complexe comportant après le dépôt et la gravure des spires :

- a) le dépôt et la gravure d'un film isolant,
- b) le dépôt et la gravure sur cet isolant d'un deuxième film supraconducteur présentant des propriétés similaires à celles du premier film. Cette dernière étape est particulièrement délicate car il est nécessaire de réaliser une reprise d'épitaxie, technique qui est difficilement maîtrisable. Il existe d'autres procédés permettant de déposer une bobine en couches minces, mais ils présentent des difficultés de réalisation identiques à celles décrites ici.

Le but de la présente invention est de remédier à ces inconvénients en proposant un procédé de réalisation plus simple et moins coûteux que les procédés actuels.

Cet objectif est atteint avec un procédé de réalisation d'un composant inductif supraconducteur sous la forme de un ou plusieurs segments de ligne d'une surface de l'ordre de quelques centaines de microns carrés constitués d'un empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants.

On peut ainsi accéder à des processus de fabrication automatisables et collectifs mettant en œuvre des techniques connues et largement répandues de dépôt de couches minces et de gravure, ce qui contribue à une réduction sensible des coûts de fabrication.

Dans une forme de réalisation préférée de l'invention, chaque film constituant l'empilement est parfaitement cristallisé. Le dispositif est dimensionné de façon à ce que dans les conditions de travail il se trouve dans l'état Meissner, c'est à dire l'état dans lequel il ne présente pas de dissipation mesurable en courant continu.

Le dispositif proposé peut être réalisé à partir de tout couple de matériaux permettant de réaliser un empilement de

films alternativement supraconducteurs et isolants en dessous d'une température appelée température critique. Plusieurs processus peuvent être envisagés pour la fabrication de circuits supraconducteurs intégrant l'invention.

5 Un premier processus de fabrication comprend les étapes suivantes :

- 1) dépôt d'un film supraconducteur
- 2) dépôt de l'empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants
- 10 3) gravure de l'ensemble des films déposés
- 4) gravure sélective de l'empilement réalisé de façon à ne laisser subsister celui-ci qu'aux emplacements où l'on souhaite planter un composant inductif.

Un second processus de fabrication peut aussi être mis 15 en œuvre avec les étapes suivantes :

- 1) dépôt d'un film supraconducteur
- 2) dépôt de l'empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants
- 3) gravure sélective de l'empilement réalisé de façon à 20 ne laisser subsister celui-ci qu'aux emplacements où l'on souhaite planter un composant inductif.
- 4) gravure du reste du circuit

Un troisième processus possible comprend les étapes suivants :

- 25 1) dépôt d'un film supraconducteur
- 2) gravure du film supraconducteur
- 3) dépôt de l'empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants
- 4) gravure sélective de l'empilement réalisé de façon à 30 ne laisser subsister celui-ci qu'aux emplacements où l'on souhaite planter un composant inductif.

Un quatrième processus possible comprend les étapes suivantes :

- 3 -

films alternativement supraconducteurs et isolants en dessous d'une température appelée température critique. Plusieurs processus peuvent être envisagés pour la fabrication de circuits supraconducteurs intégrant l'invention.

5 Un premier processus de fabrication comprend les étapes suivantes :

- 1) dépôt d'un film supraconducteur
- 2) dépôt de l'empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants
- 10 3) gravure de l'ensemble des films déposés, par exemple sous la forme d'une gravure simultanée de l'empilement et du film supraconducteur,
- 4) gravure sélective de l'empilement réalisé de façon à ne laisser subsister celui-ci qu'aux emplacements où l'on 15 souhaite planter un composant inductif.

Un second processus de fabrication peut aussi être mis en œuvre avec les étapes suivantes :

- 1) dépôt d'un film supraconducteur
- 2) dépôt de l'empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants
- 20 3) gravure sélective de l'empilement réalisé de façon à ne laisser subsister celui-ci qu'aux emplacements où l'on souhaite planter un composant inductif.
- 4) gravure du reste du circuit

25 Un troisième processus possible comprend les étapes suivants :

- 1) dépôt d'un film supraconducteur
- 2) gravure du film supraconducteur
- 3) dépôt de l'empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants
- 30 4) gravure sélective de l'empilement réalisé de façon à ne laisser subsister celui-ci qu'aux emplacements où l'on souhaite planter un composant inductif.

35 Un quatrième processus possible comprend les étapes suivantes :

1) dépôt de l'empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants

2) gravure sélective de l'empilement réalisé de façon à ne laisser subsister celui-ci qu'aux emplacements où 5 l'on souhaite planter un composant inductif.

3) raccordement des composants inductifs ainsi réalisés au reste du circuit par des connections supraconductrices ou non.

Suivant un autre aspect de l'invention, il est proposé 10 un système pour réaliser un composant inductif supraconducteur sous la forme d'un ou plusieurs segments de ligne constitués d'un empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants, mettant en œuvre le procédé selon l'invention.

15 Dans une forme particulière de l'invention, ce système de réalisation comprend :

- des moyens pour déposer un film supraconducteur sur un substrat,  
- des moyens pour déposer sur le film supraconducteur un 20 empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants, et  
- des moyens pour graver l'ensemble des films déposés, ces moyens étant agencés de façon à ne laisser subsister celui-ci qu'aux emplacements où l'on souhaite planter un composant 25 inductif.

Suivant encore un autre aspect de l'invention, il est proposé un dispositif d'antenne comprenant un circuit électronique incluant un composant inductif supraconducteur réalisé par le procédé selon l'invention.

30 Toujours dans le cadre de la présente invention, il est proposé un dispositif de ligne à retard comportant un composant inductif en série et un composant capacitatif en aval dudit composant inductif, caractérisé en ce que le composant

inductif est un composant inductif supraconducteur réalisé par le procédé selon l'invention.

Des lignes à retard selon l'invention peuvent être mises en œuvre dans un dispositif radar à décalage de phase comportant une pluralité d'antennes comprenant chacune un circuit électronique incluant une ligne à retard selon l'invention, cette ligne à retard étant agencée de sorte que chacune desdites antennes émet un signal dont la phase est décalée par rapport à celle des antennes voisines.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée d'un mode de mise en œuvre nullement limitatif, et des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est un schéma d'un empilement E de couches  $C_1$  et  $C_2$  déposées sur un substrat ;

- la figure 2A est une vue de dessus d'une ligne supraconductrice LS comportant un composant inductif constitué de films alternativement supraconducteurs  $C_1$  et isolants  $C_2$  ;

- la figure 2B est une vue en coupe d'une ligne supraconductrice LS comportant un composant inductif E constitué de films alternativement supraconducteurs  $C_1$  et isolants  $C_2$  ;

- la figure 3A est une photographie du motif utilisé pour les tests montrant l'emplacement des entrées de courant  $I_1$  et  $I_2$ , les plots de mesure  $V_1$  et  $V_2$  de la différence de potentiel aux bornes du pont ainsi que l'emplacement de celui-ci ;

- la figure 3B représente le masque de photolithogravure utilisé pour réaliser le motif de test de la figure 3A ;

- La figure 4 est un schéma du dispositif de mesure utilisé pour caractériser un composant inductif supraconducteur selon l'invention ;

- la figure 5 illustre une différence de potentiel mesurée entre les plots V1 et V2 (traits pleins) lorsque un courant en dents de scie à la fréquence de 700Hz (pointillés) circule dans l'échantillon ;

5 - la figure 6 représente une comparaison des différences de potentiel mesurées entre les plots V1 et V2 lorsque deux courants en dents de scie de même amplitude  $I_{max} = 10$  microampères mais de fréquences différentes circulent dans l'échantillon ;

10 - la figure 7 illustre une ligne de retard implémentant un composant inductif supraconducteur selon l'invention ; et

- la figure 8 schéma de principe d'une antenne à décalage de phase.

Le principe mis en œuvre dans le procédé de réalisation 15 selon l'invention réside en un empilement E de films minces alternativement supraconducteurs C1 et isolants C2 déposés sur un substrat S, en référence à la figure 1, ou bien sur une ligne supraconductrice LS. Il est déterminant que les films C2 soient rigoureusement isolants et que des défauts de 20 croissance ne mettent pas deux films supraconducteurs voisins en contact.

Dans une forme de réalisation préférée de l'invention, le premier film déposé pour réaliser l'empilement E est isolant comme indiqué sur la figure 1.

25 L'intégration de composants inductifs dans un circuit supraconducteur peut être effectuée de la façon indiquée sur les figures 2A et 2B en utilisant les techniques de dépôt de films minces bien connues de l'homme de l'art, par exemple l'ablation laser, la pulvérisation cathodique radio-fréquence, l'évaporation sous vide, le dépôt chimique en phase vapeur et de manière générale toute technique de dépôt permettant l'obtention de couches minces.

Il est à noter que dans cette version particulière du procédé selon l'invention correspondant aux figures 2A et 2B,

un film supraconducteur L1 déposé sur un substrat S, une fois gravé, constitue une ligne supraconductrice LS sur laquelle sera placé l'empilement inductif E.

Dans un exemple particulier de réalisation selon 5 l'invention fourni à titre non limitatif, les matériaux choisis sont les composés  $YBa_2Cu_3O_{7-8}$  pour les films supraconducteurs et  $LaAlO_3$  pour les films isolants. Les épaisseurs sont de 10nm ( $10^{-8}m$ ) pour les films supraconducteurs et de 4nm ( $4.10^{-9}m$ ) pour les films isolants. 10 14 paires de films ont été déposées.

Après dépôt, les films ont été gravés de façon à obtenir le motif représenté sur la figure 3A dans laquelle on distingue les contacts métallisés I1, I2 qui permettent d'amener le courant dans l'échantillon et ceux qui permettent 15 de mesurer les tensions V1 et V2 aux bornes de l'élément central, appelé pont, du motif. A titre indicatif et non limitatif, la taille du pont est de  $10\mu m \times 20\mu m$ .

Le dispositif de mesure utilisé pour caractériser les échantillons de composants inductifs supraconducteurs selon 20 l'invention, représenté en figure 4, comporte un générateur GBF créant un courant variable dans le temps  $I(t)$  qui traverse la résistance R et l'échantillon Ech via les contacts I1 et I2. La différence de potentiel aux bornes de la résistance R est amplifiée par un amplificateur 25 différentiel AI et envoyée sur une entrée YI de l'oscilloscope Osc. Elle permet de connaître l'intensité  $I(t)$  du courant traversant l'échantillon. La différence de potentiel aux bornes de l'échantillon est prélevée en V1 et V2, amplifiée par l'amplificateur Av et envoyée sur l'entrée 30 Yv de l'oscilloscope Osc.

La figure 5 montre les signaux recueillis en YI et Yv lorsque l'échantillon est à une température de 70K. Dans le cas présent, l'échantillon était placé dans un cryostat à hélium liquide, mais tout procédé permettant d'obtenir une

température inférieure à la température critique de l'échantillon étudié convient.

Le générateur délivre un courant en dents de scie à la fréquence de 700Hz. On a directement reporté la valeur du courant  $I(t)$ . On observe que la différence de potentiel  $V(t)$  entre  $V_1$  et  $V_2$  présente la forme de créneaux, ce qui indique que  $V(t)$  est proportionnelle à la dérivée par rapport au temps de  $I(t)$ . Cette caractéristique indique que l'échantillon se comporte bien comme un composant inductif.

On a reporté sur la figure 6 les signaux  $V(t)$  mesurés à 700 Hz et 2kHz pour une valeur du courant crête égale à 10  $\mu$ A dans les deux cas. Dans cette figure, le trait plein correspond à la tension relevée pour un courant à la fréquence  $F=700Hz$  et le trait pointillé à celle relevée pour un courant à la fréquence  $F=2000Hz$ .

On observe que le rapport de l'amplitude des signaux obtenus est dans le rapport des fréquences appliquées, ce qui là aussi est typique d'un composant inductif.

Des résultats présentés sur la figure 6, on déduit que l'inductance du composant réalisé selon l'invention est égale à  $535 \mu$ H  $\pm 10\mu$ H. Les composants testés n'ont pas tous présenté une inductance aussi élevée mais des valeurs de l'ordre de quelques dizaines de  $\mu$ H ont été couramment obtenues avec des composants de forme identique à celui présenté ici.

Les composants inductifs supraconducteurs obtenus par le procédé selon l'invention peuvent trouver des applications dans les domaines de l'électrotechnique, des antennes et des composants passifs à haute fréquence, en particulier pour les radars et l'électronique de défense.

Dans un premier exemple d'application, des composants inductifs supraconducteurs sont implantés dans des systèmes d'antennes. Ainsi, dans un certain nombre de cas, par exemple en imagerie médicale par résonance magnétique (IRM) de

surface, on utilise des antennes accordées. Un paramètre important intervenant dans l'efficacité de l'antenne est le coefficient de surtension qui est proportionnel à son inductance. Une antenne supraconductrice permet de faire 5 croître ce coefficient car sa résistance ohmique est très faible. On peut penser obtenir un nouvel accroissement du coefficient de surtension en incluant dans le circuit d'antenne un dispositif du type de ceux décrits ici

Un cas particulièrement favorable sera celui où 10 l'antenne elle-même est réalisée à partir d'un film mince supraconducteur.

Dans un autre exemple d'application, des composants inductifs supraconducteurs sont mis en œuvre dans des lignes à retard. Les lignes à retard sont d'usage courant dans tous 15 les domaines de l'électronique. La forme la plus simple que peut prendre une ligne à retard est représentée sur la figure 7.

La présence dans le circuit de l'inductance  $L$  et du condensateur  $C$  provoque une différence de phase entre la 20 tension  $V$  et le courant  $I$ . Un exemple d'utilisation est celui des radars à décalage de phase qui permettent d'explorer l'espace environnant avec un système d'antennes fixes. Un schéma de principe pour un tel système est reporté sur la 25 figure 8. Dans ce dispositif la ligne principale portant le courant  $I$  est couplé aux différentes antennes. Chacune de celles-ci comporte dans son circuit une ligne à retard. Il en résulte que chaque antenne émet un signal dont la phase est décalée par rapport à celle des antennes voisines. En faisant varier ce décalage de phase on change la direction du 30 rayonnement émis. En électronique de défense, on étudie depuis longtemps l'introduction de composants supraconducteurs dans les circuits électroniques, en particulier pour les radars et plus généralement les contre-mesures. La présence de composants à forte inductance, de

petites dimensions et dont la fabrication utilise des processus similaires à ceux employés pour le reste du circuit serait une innovation importante dans ce domaine.

Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits et de nombreux aménagements peuvent être apportés à ces exemples sans sortir du cadre de l'invention. Ainsi, le nombre de films respectivement isolants et supraconducteurs n'est pas limités aux exemples décrits. Par ailleurs, les dimensions des composants inductifs supraconducteurs ainsi que leurs surfaces peuvent évoluer en fonction des applications spécifiques de ces composants. De plus, les films respectivement supraconducteurs et isolants peuvent être réalisés à partir d'autres composés que ceux proposés dans l'exemple décrit, pourvu que ces composés satisfassent aux conditions physiques requises pour les applications.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour réaliser un composant inductif supraconducteur, sous la forme d'un ou plusieurs segments de 5 ligne constitués d'un empilement (E) de films alternativement supraconducteurs (C1) et isolants (C2).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque film constituant l'empilement (E) est parfaitement 10 cristallisé.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend une première étape de dépôt d'un film isolant (C2) sur un substrat (S).

15 4. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend une première étape de dépôt d'un film supraconducteur (C1) sur un substrat (S).

20 5. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend une première étape de dépôt d'un film supraconducteur (L1) sur un substrat (S) suivi du dépôt de l'empilement (E).

25 6. Procédé selon l'une des revendications 3 ou 4, caractérisé en ce qu'il comprend en outre les étapes suivantes :

- un dépôt de l'empilement (E) de films alternativement supraconducteurs (C1) et isolants (C2),  
- une gravure de l'empilement (E) réalisé de façon à ne 30 laisser subsister celui-ci qu'aux emplacements où l'on souhaite planter un composant inductif.

7. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comprend en outre les étapes suivantes :

- une gravure de l'empilement (E) réalisé de façon à ne laisser subsister celui-ci qu'aux emplacements où l'on souhaite planter un composant inductif.

- une gravure du film supraconducteur (L1).

5

8. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comprend en outre les étapes suivantes :

- une gravure simultanée de l'empilement (E) et du film supraconducteur (L1)

10

- une gravure de l'empilement (E) réalisé de façon à ne laisser subsister celui-ci qu'aux emplacements où l'on souhaite planter un composant inductif.

15

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les films supraconducteurs (C1) sont réalisés à partir de composés  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ .

20

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les films isolants (C2) sont réalisés à partir de composés  $LaAlO_3$ .

25

11. Système pour réaliser un composant inductif supraconducteur sous la forme d'un ou plusieurs segments de ligne constitués d'un empilement (E) de films alternativement supraconducteurs (C1) et isolants (C2), mettant en œuvre le procédé selon l'une des revendications précédentes.

30

12. Système selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il comprend:

- des moyens pour déposer un empilement (E) de films alternativement supraconducteurs et isolants, et  
- des moyens pour graver l'ensemble des films déposés, ces moyens étant agencés de façon à ne laisser subsister lesdits

films déposés qu'aux emplacements où l'on souhaite implanter un composant inductif.

13. Système selon la revendication 11, caractérisé en ce 5 qu'il comprend:

- des moyens pour déposer un film supraconducteur (L1) sur un substrat (S),
- des moyens pour déposer sur le film supraconducteur (L1) un empilement (E) de films alternativement supraconducteurs et 10 isolants, et
- des moyens pour graver l'ensemble des films déposés, ces moyens étant agencés de façon à ne laisser subsister le film (L1) qu'aux emplacements où l'on souhaite implanter une ligne supraconductrice et l'empilement (E) qu'aux emplacements où 15 l'on souhaite implanter un composant inductif.

14. Dispositif d'antenne comprenant un circuit électronique incluant un composant inductif supraconducteur réalisé par le procédé selon l'une des revendications 1 à 10.

20

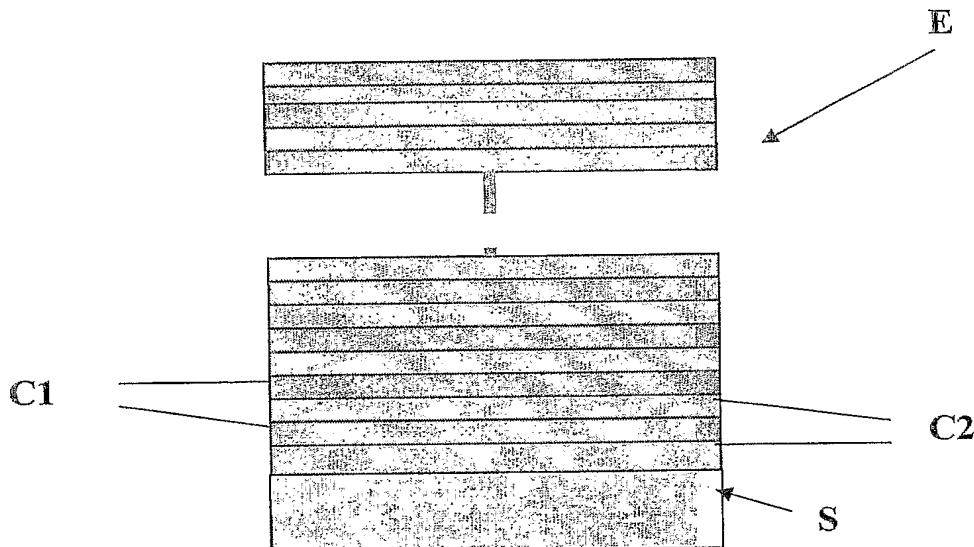
15. Dispositif d'antenne selon la revendication 14, caractérisé en ce que l'antenne est réalisée à partir d'un film mince supraconducteur.

25 16. Dispositif de ligne à retard comportant en série un composant inductif et un composant capacitif en aval dudit composant inductif, caractérisé en ce que le composant inductif est un composant inductif supraconducteur réalisé par le procédé selon l'une des revendications 1 à 10.

30

17. Dispositif radar à décalage de phase comportant une pluralité d'antennes comprenant chacune un circuit électronique incluant une ligne à retard selon la revendication 16, cette ligne à retard étant agencée de sorte

que chacune desdites antennes émet un signal dont la phase est décalée par rapport à celle des antennes voisines.



Empilement E de films alternativement supraconducteurs et isolants

Ligne supraconductrice LS



FIG.2A

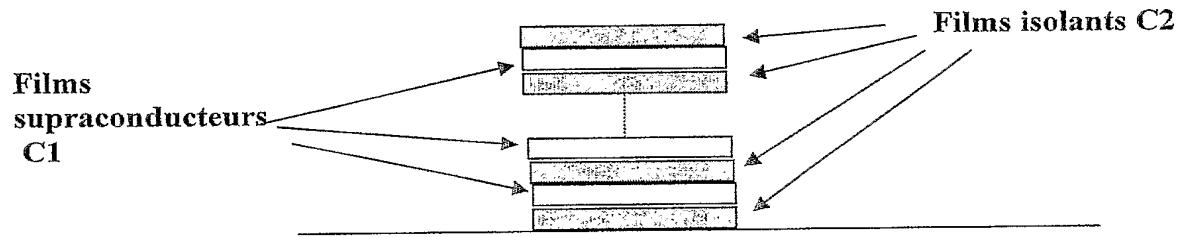


FIG.2B

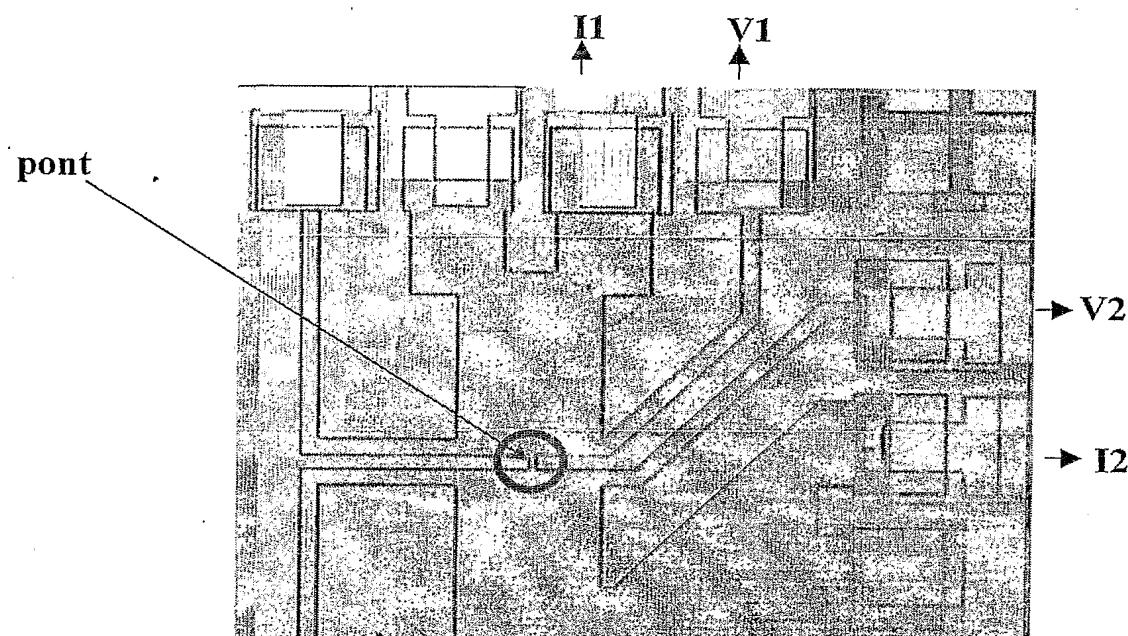


FIG.3A

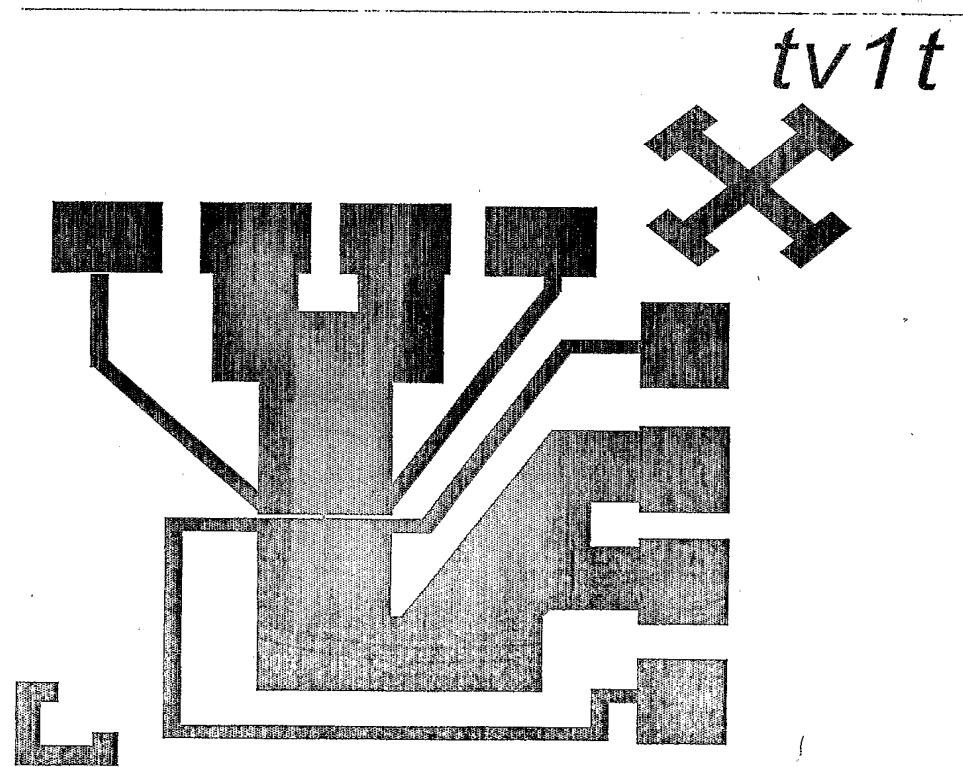


FIG.3B

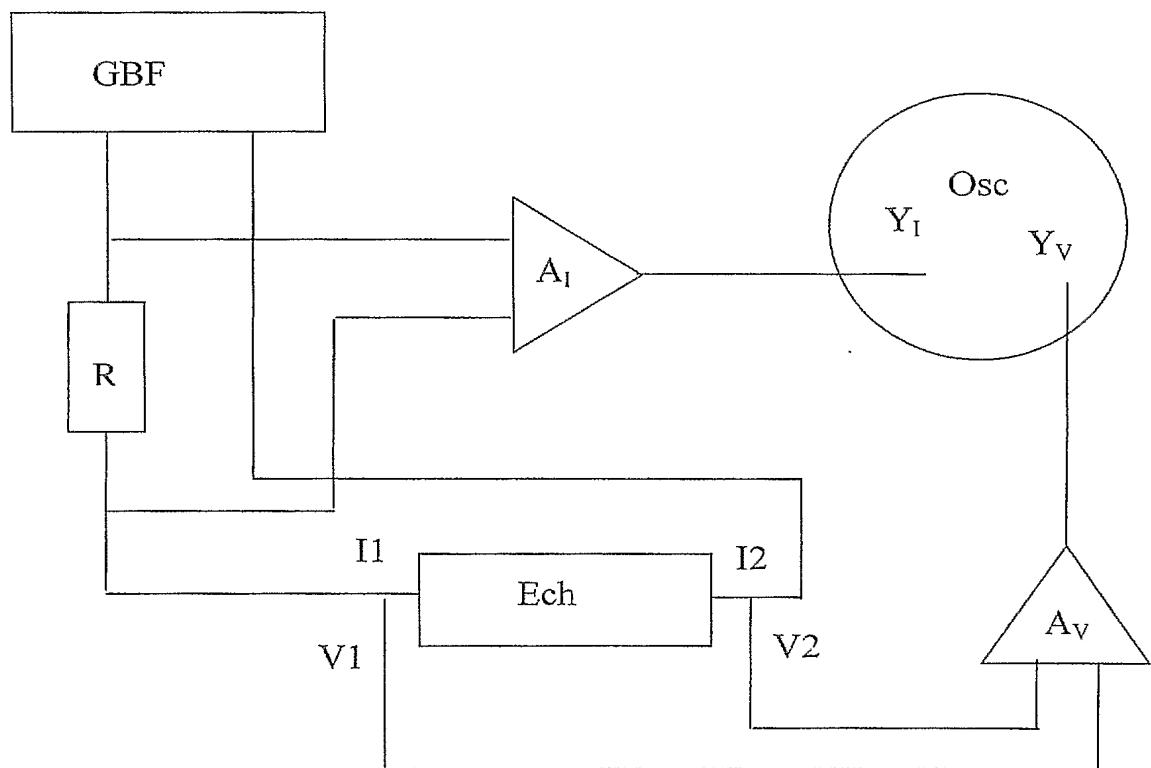


FIG.4

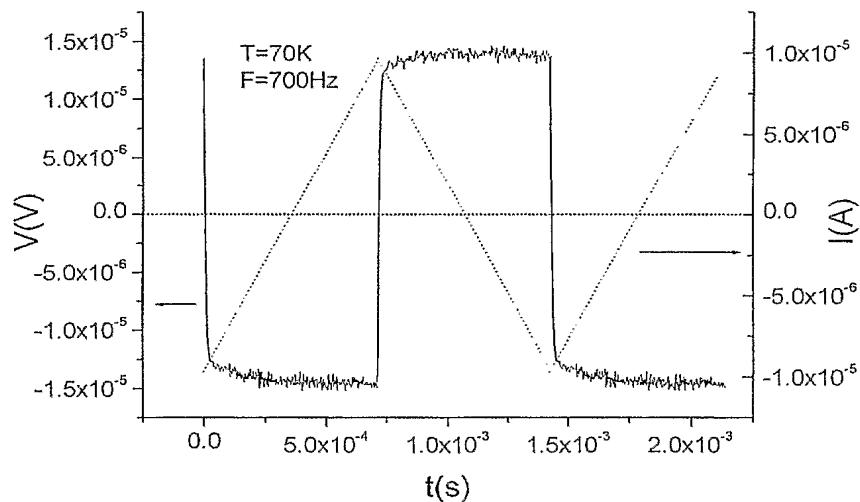


FIG.5

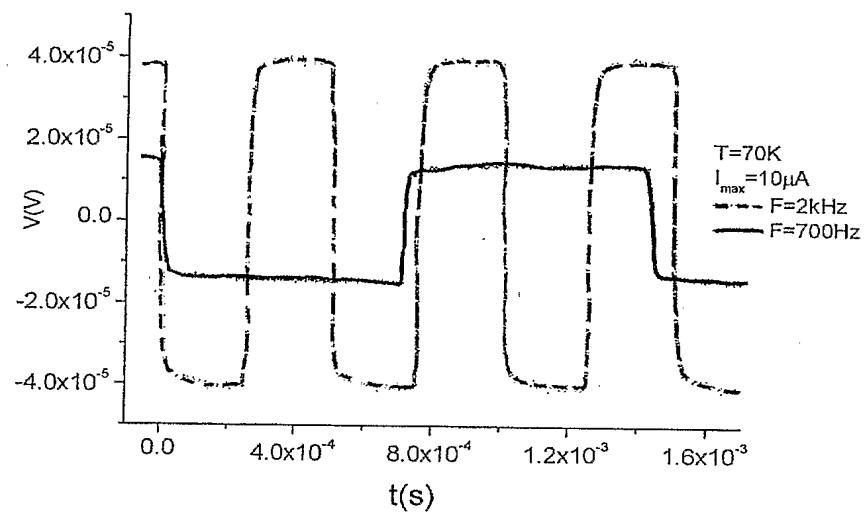


FIG.6

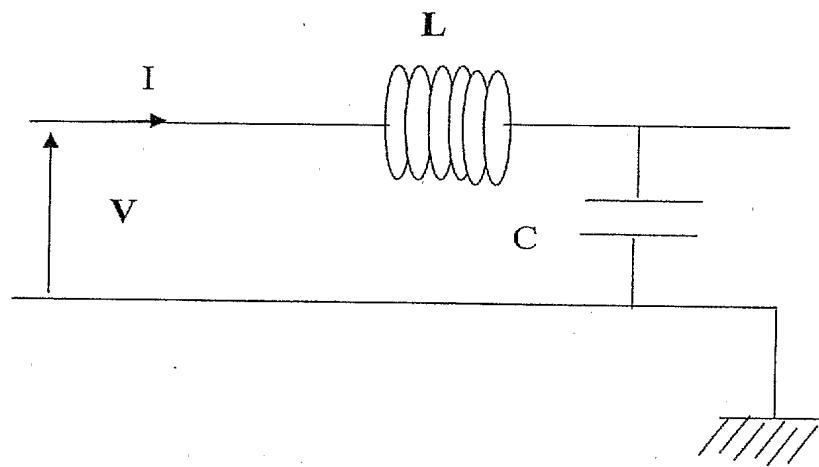


FIG.7

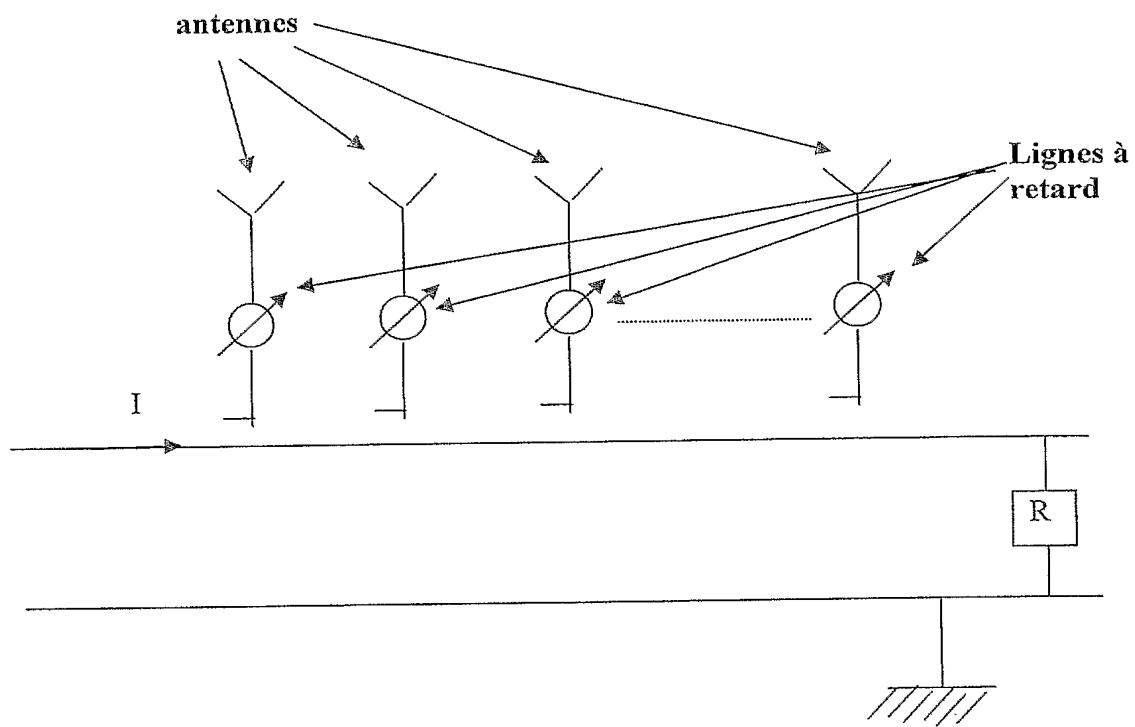


FIG.8



## BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

## DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

## DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.../1...

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 © W / 270601



<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b>		BS03 CNR IND
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		03 05212
<b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum) "Procédé et système de réalisation de composants inductifs supraconducteurs en couches minces, et dispositifs incluant de tels composants."		
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b>  CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE Etablissement Public à Caractère Scientifique et Technologique 3 rue Michel Ange F-75794 PARIS CEDEX 16 France		
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b>		
<input checked="" type="checkbox"/> Nom		BERNSTEIN
Prénoms		Pierre-Ernest
Adresse	Rue	2, rue de l'Eglise
	Code postal et ville	1144810 VILLIERS-LE-SEC
Société d'appartenance (facultatif)		
<input checked="" type="checkbox"/> Nom		HAMET
Prénoms		Jean-François, Maurice
Adresse	Rue	15, rue du Parc
	Code postal et ville	1146110 ANGUERNY
Société d'appartenance (facultatif)		
<input checked="" type="checkbox"/> Nom		TOUITOU
Prénoms		Nabil
Adresse	Rue	32, rue de la Plaine
	Code postal et ville	13186110 GIERES
Société d'appartenance (facultatif)		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivie du nombre de pages.		
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> <b>(Nom et qualité du signataire)</b>		
Orsay, le 28 Juillet 2003 Sylvain ALLANO CPI 96 03 03		

PCT/FR2004/001873

